

## SONDE FÜR ELEKTRISCHE MESSVERFAHREN, INSBESONDERE FÜR WIRBELSTROMMESSUNGEN

Die Erfindung geht aus von einer Sonde für elektrische Messverfahren gemäß dem Gattungsbegriff des Anspruchs 1.

5

Aus der DE 197 48 556 A1 ist eine Sonde für eine Wirbelstrommessung mit einer ferromagnetischen Signalverstärkung bekannt, wobei die Signalverstärkung durch einen starren ferritischen Kern erzeugt wird. Mit einer aus einem starren Substrat, auf dem planare Spulen aufgebracht sind, gebildeten Sonde können nur Prüfkörper mit ebener Oberfläche vermessen werden. Bei unebenen Oberflächen muss die Sonde in ihrer Form einer Oberfläche des Prüfkörpers angepasst sein, anderenfalls ergeben sich falsche Messwerte.

15

Eine Sonde mit Wirbelstrommessung mit ferromagnetischer Signalverstärkung für ebene Prüfkörper ist auch aus der US-PS 6,002,251 bekannt.

20 Aus der US-PS 5,389,876 ist eine Sonde für eine Wirbelstrommessung bekannt, die jedoch nur schwache Signale liefert.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Sonde für elektrische Messverfahren aufzuzeigen, die für verschieden gekrümmte Oberflächen eines Prüfkörpers verwendet werden kann.

25

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Sonde mit dem Substrat dauerelastisch ausgebildet ist.

30 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Sonde sind in den Unteransprüchen erwähnt.

Die Sonde kann sich Krümmungsradien von z.B. 50mm oder größer anpassen.

35 Vorteilhafterweise wird die Flexibilität dadurch erreicht, dass ein durch eine flexible Folie gebildetes Substrat, für die Sonde vorteilhafterweise Polyimid, verwendet wird.

Vorteilhafterweise sind auf der flexiblen Folie bspw. zwei, insbesondere planare Spulen, insbesondere aus Kupfer, als elektrische Bauelemente, aufgebracht.

5

Die Flexibilität der Sonde bleibt auch durch eine dauerelastische Hinterfütterung der elektrischen Bauelemente erhalten.

10 Vorteilhafterweise verwendet man für die Hinterfütterung eine Polymerfolie, die mit einem Ferrit gefüllt ist, so dass vorteilhafterweise eine ferromagnetische Signalverstärkung möglich ist.

15 Ebenso können dünne biegsame Bleche aus Ferrit verwendet werden.

Auch eine Vergussmasse mit Ferritteilchen, wobei die Vergussmasse dauerelastisch verformbar ist, kann hier verwendet werden.

20

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen vereinfacht und schematisch dargestellt.

25 Es zeigen:

Figur 1 eine Anordnung von Erreger und Signalspule,

Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sonde, und

Figur 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer

30 erfindungsgemäß ausgebildeten Sonde.

Figur 1 zeigt eine Erregerspule 4 und eine Signalspule 7 als elektrische Bauelemente in ihrer Anordnung in einer Ebene nach dem Stand der Technik.

35 Die Signalspule 7 ist bspw. von der Erregerspule 4 umgeben. Bezüglich des weiteren beispielhaften Aufbaus von Erregerspule 4, Signalspule 7 und eines Auswertungssystems

mit einer Sonde wird auf die DE 197 48 556 A1 verwiesen, die ausdrücklich Bestandteil dieser Offenbarung sein soll.

Die Erreger- und Signalspule 4, 7 sind elektrisch voneinander getrennt. Die Signalspule 7 ist in diesem Beispiel als Differenzsonde ausgelegt. Die Ortsauflösung wird bestimmt durch den Abstand der Schwerpunkte der beiden Teilspulen, der sogenannten Baseline.

Die Erregerwicklung 4 umschließt die Teilspulen der Signalspule 7 bspw. symmetrisch, so dass eine Kompensation des Erregerfeldes gewährleistet ist. Somit liegen die Erregerwicklung 4 und die Signalspule 7 in einer Ebene bzw. auf ein und derselben Oberfläche des Substrats 16.

Ausführungsbeispiele für Sonden sind:

Eine XXL-Sonde hat eine Baseline von 3,3mm, eine Erreger-spule mit 21 Windungen und eine Signalspule mit 8 Windungen. Eine S-Sonde hat eine Baseline mit 2,3mm, eine Erregerspule mit 9 Windungen und eine Signalspule mit 5 Windungen.

Eine Sonde, die unter anderem aus der Erregerspule 4 und Signalspule 7 besteht, wird in einer Scanrichtung 13, gekennzeichnet durch einen Pfeil, über eine Oberfläche eines Prüfkörpers 10 bewegt (durch gestrichelte Umfangslinie angedeutet), wobei die Sonde 1 auf dem Prüfkörper 10 mit einer Auflagefläche 37 (Fig. 2) zur Auflage kommt. Der Prüfkörper 10 enthält beispielsweise Defekte in Form von Rissen, die ein magnetisches Signal der Erregerspule 4 beeinflussen, wodurch die Defekte im Inneren des Prüfkörpers 10 und an dessen Oberfläche festgestellt werden können.

Figur 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für eine Sonde 1 für elektrische Messverfahren gemäß vorliegender Erfindung. Als Substrat 16, das direkt auf dem Prüfkörper aufliegt, wird bspw. eine Folie verwendet, die flexibel und bspw. auch elastisch, insbesondere dauerelastisch ist. Vorzugsweise wird eine Polyimidfolie verwendet.

Dauerelastizität bedeutet, dass die mechanische Elastizität zumindest über die Lebensdauer der Sonde 1 erhalten bleibt. Auf dem Substrat 16 sind die Erregerspule 4 und die Signalspule 7 bspw. planar angeordnet, d.h. die Spule besteht nur aus einer Leiterbahn, die nur in einer Ebene verläuft. Die Spulen 4, 7 als elektrische Bauelemente können mittels eines Galvanikprozesses oder eines nasschemischen Verfahrens auf die Folie 16 aufgebracht werden.

Auf dem Substrat 16 und auf bzw. um die Spulen 4, 7 ist beispielsweise, aber nicht notwendigerweise ein Kleber 19 aufgebracht, der eine Hinterfütterung 22 mit dem Substrat 16 verbindet.

Die Hinterfütterung 22 ist elastisch, insbesondere dauerelastisch ausgeführt.

Als Material für die Hinterfütterung 22 wird vorzugsweise ein ferritisches und/oder ein anderes magnetisches (ferromagnetisch, stark paramagnetisch) Material zur Signalverstärkung, insbesondere zur ferromagnetischen Signalverstärkung verwendet bspw. mit einer Permeabilität  $\mu$  bis 100. Durch die Hinterfütterung 22 hindurch führt bspw. zumindest eine elektrische Zuleitung 31 für die Spulen 4, 7 für ein Messsystem gemäss DE 197 48 556 A1.

Als Hinterfütterung 22 kann eine mit Ferritpartikeln befüllte elastische, insbesondere dauerelastische Vergussmasse oder ein gasgefülltes Material, insbesondere Kunststoff oder Gummi, verwendet werden.

Die Polyimidfolie 16 hat beispielsweise eine Dicke von 25  $\mu\text{m}$ , die Kupferspule eine Dicke von 17  $\mu\text{m}$ , der Kleber erstreckt sich über eine Dicke von ca. 30  $\mu\text{m}$ , und die mit Ferrit gefüllte Polymerfolie über eine Dicke von 200 - 600  $\mu\text{m}$ .

Dieser Schichtstapel aus Substrat 16 und Hinterfütterung 22 bleibt hinreichend flexibel, so dass sich der Schichtstapel

verschiedenen Krümmungsradien des Prüfkörpers 10 von z.B. 50mm oder mehr problemlos anpassen lässt.

- 5    Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäß ausgebildeten planaren Sonde 1.  
Die Hinterfütterung 22 kann auch durch ein Vergussmaterial 34 gewährleistet sein, in dem Ferritpulver vermischt ist. Der mittlere Durchmesser der Ferritpartikel beträgt z.B. ca.
- 10    10µm. Die Vergussmasse ist und bleibt nach einem Aushärtungsprozess elastisch, insbesondere dauerelastisch verformbar, so dass eine Flexibilität der Sonde 1 dauerhaft gewährleistet ist.
- 15    Die Sonde 1 ist so groß gestaltet, dass sie den gesamten zu überprüfenden Bereich des Prüfkörpers 10, beispielsweise eine Mulde, wie in Figur 3 beispielsweise dargestellt ist, abdeckt, so dass der zu überprüfende Bereich in einem Scan, also durch einmaliges Verfahren der Sonde 1 überprüft wird.
- 20    Solche Mulden treten beispielsweise bei tannbaumförmig ausgestalteten Schaufelfüßen einer Turbinenschaufel auf.
- Als elektrisches Messverfahren kann die Sonde 1, die zwei
- 25    Spulen 4, 7 oder nur eine Spule sowie eine ferromagnetische Signalverstärkung 22 aufweist, zur Wirbelstrommessung genutzt werden, das beispielsweise dazu dient Defekte an metallischen Bauteilen 10 zu detektieren.

## Patentansprüche

1. Sonde (1) für elektrische Messverfahren,  
die ein Substrat (16) aufweist,  
5 auf dem zwei elektrische Bauelemente (47) aufgebracht  
sind,  
die zur Auflage auf einem Prüfkörper (10) kommen,  
wobei die Sonde (1) mit dem Substrat (16) so flexibel ist,  
dass die Sonde (1) mit dem Substrat (16) sich  
10 verschiedenen Krümmungsradien des Prüfkörpers (10)  
anpassen kann,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass die Sonde (1) eine Hinterfütterung (22) aufweist,  
die zumindest ein elektrisches Bauelement (4, 7) zumindest  
teilweise abdeckt, und  
die (22) elastisch, insbesondere dauerelastisch  
ausgebildet ist,

20 dass die Sonde (1) eine Erregerwicklung (4) als erstes  
elektrisches Bauelement und eine Signalspule (7) als  
zweites elektrisches Bauelement umfasst,  
dass die Erregerwicklung (4) die Teilspulen der  
Signalspule (7) umschließt,

25 dass die Sonde (1) zumindest eine Baseline von 2,3 mm  
aufweist und  
dass die Erregerspule (4) mindestens neun Windungen und  
die Signalspule (7) mindestens fünf Windungen aufweist.

30 2. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

das Substrat (16) eine flexible Folie ist.

35

3. Sonde nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Folie (16) aus Polyimid gebildet ist.

5

4. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

10 die Hinterfütterung (22) durch ein elastisches,  
insbesondere dauerelastisches Blech aus einem ferritischen  
Material gebildet ist.

15 5. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Hinterfütterung (22) durch eine elastische,  
insbesondere dauerelastische Vergussmasse (34),  
20 insbesondere mit Ferritteilchen gefüllt,  
gebildet ist.

25 6. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Sonde (1) zumindest eine Spule (4, 7) als elektrisches  
Bauelement aufweist, die planar auf dem Substrat (16)  
angeordnet sind.

30

7. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

35 die Sonde (1) eine Sonde (1) für eine Wirbelstrommessung  
ist.

8. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

5

die Sonde (1) eine ferromagnetische Signalverstärkung (22)  
aufweist.

10 9. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

die Sonde (1) Krümmungsradien von bis zu 50mm anpassbar  
ist.

15

10. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

20 die Hinterfütterung (22) ein gasgefülltes Material ist.

11. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

25

die Erregerspule (4) und die Signalspule (7) in einer  
Ebene angeordnet sind.

30 12. Sonde nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass

mit der Sonde (12) der gesamte zu überprüfende Bereich  
abgedeckt wird.



FIG 1

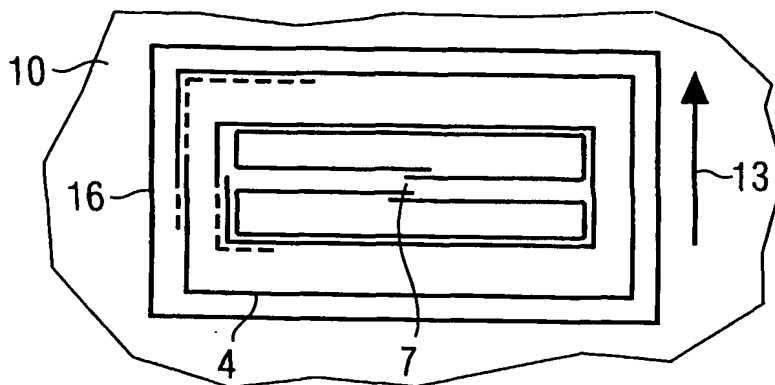


FIG 2

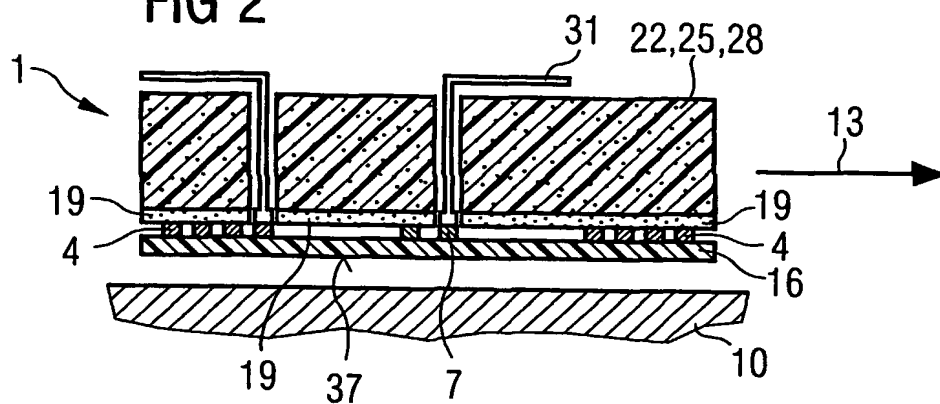
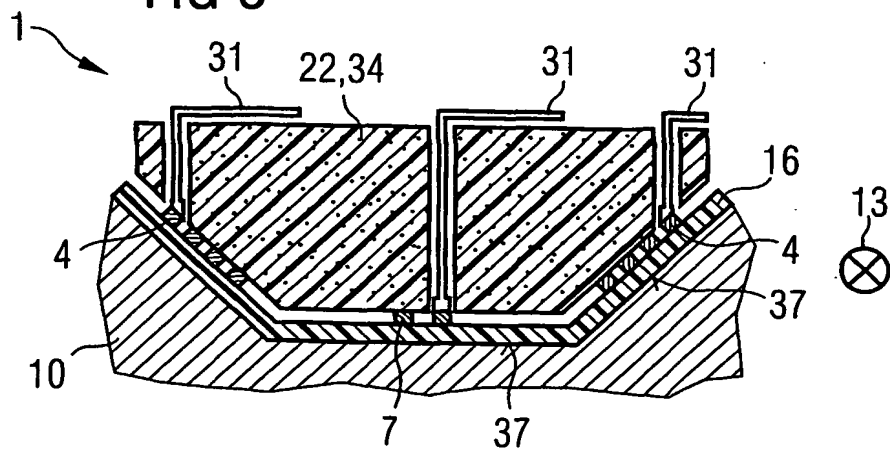


FIG 3



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006792

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01N27/90

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 389 876 A (HEDENGREN KRISTINA H V ET AL) 14 February 1995 (1995-02-14) cited in the application	1-9, 11, 12
Y	column 6, line 22 - column 8, line 55; claims 1, 12, 16, 21; figures 20, 4	10
Y	US 5 315 234 A (SUTTON JR GEORGE H ET AL) 24 May 1994 (1994-05-24) column 10, lines 61-66; figure 9	10
P, X	WO 03/060530 A (BAER LUDWIG ; HEINRICH WERNER (DE); SIEMENS AG (DE)) 24 July 2003 (2003-07-24) the whole document ----- -/--	1-9, 11, 12

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 September 2004

Date of mailing of the international search report

24/09/2004

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wilhelm, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006792

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 12, 31 October 1998 (1998-10-31) &amp; JP 10 197492 A (TOSHIBA CORP), 31 July 1998 (1998-07-31) abstract; figure -----</p>	4, 5, 8

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/006792

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 5389876	A	14-02-1995	DE	69221367 D1	11-09-1997
			DE	69221367 T2	19-03-1998
			EP	0512796 A2	11-11-1992
			JP	5142205 A	08-06-1993
<hr/>					
US 5315234	A	24-05-1994	DE	69319504 D1	13-08-1998
			DE	69319504 T2	25-03-1999
			EP	0577244 A2	05-01-1994
<hr/>					
WO 03060530	A	24-07-2003	EP	1329730 A1	23-07-2003
			WO	03060530 A1	24-07-2003
<hr/>					
JP 10197492	A	31-07-1998	NONE		
<hr/>					

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G01N27/90

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 389 876 A (HEDENGREN KRISTINA H V ET AL) 14. Februar 1995 (1995-02-14) in der Anmeldung erwähnt	1-9,11, 12
Y	Spalte 6, Zeile 22 - Spalte 8, Zeile 55; Ansprüche 1,12,16,21; Abbildungen 2C,4	10
Y	US 5 315 234 A (SUTTON JR GEORGE H ET AL) 24. Mai 1994 (1994-05-24) Spalte 10, Zeilen 61-66; Abbildung 9	10
P,X	WO 03/060530 A (BAER LUDWIG ;HEINRICH WERNER (DE); SIEMENS AG (DE)) 24. Juli 2003 (2003-07-24) das ganze Dokument ----- -/-	1-9,11, 12

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. September 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/09/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wilhelm, J

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 12, 31. Oktober 1998 (1998-10-31) &amp; JP 10 197492 A (TOSHIBA CORP), 31. Juli 1998 (1998-07-31) Zusammenfassung; Abbildung -----</p>	4,5,8

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006792

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5389876	A	14-02-1995	DE	69221367 D1	11-09-1997
			DE	69221367 T2	19-03-1998
			EP	0512796 A2	11-11-1992
			JP	5142205 A	08-06-1993
US 5315234	A	24-05-1994	DE	69319504 D1	13-08-1998
			DE	69319504 T2	25-03-1999
			EP	0577244 A2	05-01-1994
WO 03060530	A	24-07-2003	EP	1329730 A1	23-07-2003
			WO	03060530 A1	24-07-2003
JP 10197492	A	31-07-1998	KEINE		